



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Curso de Biologia e Saúde

Trabalho de Culminação de Estudos II

Variante: Trabalho de Investigação

Qualidade microbiológica da água usada na irrigação de alface (*Lactuca sativa*) no vale de Infulene

Autora: Nilsa Congolo



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Ciências

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CURSO DE BIOLOGIA E SAÚDE

Trabalho de Culminação de Estudos II

Variante: Trabalho de Investigação

Qualidade microbiológica da água usada na irrigação de alface (*Lactuca sativa*) no vale de Infulene

Autora:

Nilsa Congolo

Supervisores:

dr. Arlindo Chaúque

dr. Santos Mucave

Maputo, Janeiro de 2025

Declaração de Honra

Declaro que esta dissertação científica é resultado da minha investigação pessoal e da orientação dos meus supervisores. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas foram devidamente mencionadas nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, Janeiro de 2025

(Nilsa Congolo)

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Jerónimo Sebastião Congolo e Isabel João Mutisse por nunca medirem esforços em minha formação académica e pelo acompanhamento em toda a minha vida.

Agradecimentos

Para a conclusão deste curso e para elaboração deste trabalho muitas pessoas e instituições deram o seu precioso contributo. Por isso gostaria de endereçar o meu muito obrigado a todos abaixo citados e a outros que contribuíram directa e indirectamente para que este trabalho fosse uma realidade.

Aos meus supervisores, Dr. Arlindo Chauque e Santos Mucave a quem tenho que agradecer pelo profissionalismo, apoio, atenção, disponibilidade, paciência, amizade, por me inspirar força e determinação e pela honra que me deram de ser sua supervisionada.

Ao corpo docente do Departamento de Ciências Biológicas, ao por seu profissionalismo que contribuiu muito para a minha formação.

E, aos meus colegas Amina Ngovene, Lídia Mambo, Maria Juniva Tsucana, Gafar Jacinto, Sámia Chaia e demais colegas da turma e do departamento pelo apoio no desenrolar do curso.

Aos meus honrados pais, Jerónimo Congolo e Isabel Mutisse pelas incessáveis orações a meu favor para que esse sonho se tornasse realidade, pelo suporte financeiro e social indispensável, pela compreensão, incentivo e principalmente pelo amor incondicional e por acreditarem em mim.

Aos meus irmãos: Elmário Congolo, Cláudia Congolo, Célsio Damisson e Vânia Congolo pelo apoio emocional, por me ensinarem o valor da persistência.

Aos meus filhos, Rindzela Hélder Cossa e Hélder Levi Cossa Jr. que de maneira mais singela me deram forças de nunca desistir e sim lhes transmitir inspiração para o seu futuro.

Ao meu amado esposo, Hélder Levi Cossa pelo apoio incondicional durante toda caminhada estudantil.

Resumo

O objectivo desta monografia foi para avaliar a qualidade microbiológica da água usada na irrigação da alface no vale de Infulene, uma área localizada em uma depressão natural na planície suave e ondulada dos arredores a Oeste da cidade de Maputo, para tal foram escolhidas quatro (4) diferentes fontes de água para irrigação, fizeram parte do estudo vinte e quatro (24) amostras de água colectadas em quatro (4) fontes de água usada para a irrigação sendo duas fontes de águas antes da irrigação e outras já usadas na irrigação da alface. As fontes usadas foram: água da torneira ou potável (antes e depois da irrigação) e água de efluentes da ETAR ou residuais (antes e depois da irrigação). A qualidade microbiológica da água foi analisada pela técnica de filtração em membranas filtrantes. Os resultados deste estudo mostraram crescimento coliformes fecais (*E. coli*) em todas as amostras (24 amostras) colectadas nas (4) fontes de água de irrigação de fonte residual, onde, a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) referentes amostras antes da irrigação foi de 7.08 logUF/100ml e depois da irrigação 7.28logUF/100ml. Quanto a fonte de água potável usada para a irrigação a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) foi de 0,39logUF/100ml antes da irrigação das alfaces (P3) e 4.98logUF/100ml depois da irrigação das alfaces. A contagem média global de *E. coli* mostrou a existência de diferenças estatisticamente significativas por intermédio do teste de análise de variância (ANOVA: $F=4.601449$; $p=0,003$; TuskeyHSD; $\alpha>0,005$) entre os grupos água da torneira ou potável (antes e depois da irrigação) e água de efluentes do ETAR ou residuais (antes e depois da irrigação). Os resultados deste estudo sugerem que a taxa de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) é maior nas amostras de fontes residuais em relação a água da fonte potável.

Palavras-chave: Água, Avaliação microbiológica, Água de irrigação, *Escherichia coli*.

Lista de Tabelas

Tabela 1: Lista de materiais e equipamentos usados no estudo.....	15
Tabela 2: Resultados dos testes descritivos efectuados.....	37
Tabela 3: Teste de normalidade dos dados.....	37
Tabela 4: ANOVA.....	38
Tabela 5: Padrões de potabilidade de água dos parâmetros microbiológicos.....	38

Lista de Figuras

Figura 1: Localização Geográfica do vale do Infulene.....	13
Figura 2: Água de irrigação de fonte residual (A – águas do rio Mulaúzi; B – colheita de água para irrigação; C – processos de rega da alface).....	17
Figura 3: Alface produzida no vale Infulene.....	18
Figura 4: Unidade Filtradora.....	19
Figura 5: Concentração de <i>E. coli</i> em amostras de água de fonte residual (P1 – Água residual do ETAR antes da irrigação, P2 – Água residual do ETAR após da irrigação).	22
Figura 6: Concentração de <i>E. coli</i> em amostras de água potável (P3 – Água da torneira antes da irrigação da alface; P4 - Água da torneira após a irrigação da alface).	23
Figura 7: Directrizes da OMS para utilização de águas residuais tratadas na agricultura.....	39

Lista de abreviaturas

1A	Água de subterrânea A
1B	Água dos efluentes da ETAR
AP	Água do rio Mulaúzi (mistura da água da ETAR e efluente do vale Infulene)
ACC	Agar Cromogéneo para Coliformes
CE	Comissão Europeia
DCB	Departamento de Ciências Biológicas
E	Leste
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
g	Gramma
km	Quilómetro
mg/l	Miligramas por litro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
ms	Milisiemens
mVolt	Milivolt
S	Sul
SE	Água subterrânea E
UFC	Unidades Formadoras de Colónias
UV	Ultravioleta
µl	Microlitro
°	Graus
°C	Graus centígrados
%	Percentagem
'	Minutos
"	Segundos

Índice

Declaração de Honra.....	I
Dedicatória.....	II
Agradecimentos	III
Resumo	IV
Lista de Tabelas	V
Lista de abreviaturas	VI
Lista de anexos.....	ii
1. Introdução.....	3
1.1. Problema de pesquisa.....	4
1.2. Justificativa.....	5
2. Objectivos.....	7
2.1. Geral.....	7
2.2. Específicos	7
3. Hipóteses (Aqui há necessidade de subsidiar as hipóteses com um artigo científico).....	7
4. Revisão da literatura	8
4.1. Alface	8
4.2. Qualidade Microbiológica da Alface	9
4.3. Fontes de contaminação de alface nas machambas.....	9
4.3.1. Água de irrigação.....	9
4.3.2. Insumos naturais	10
4.4. Avaliação da qualidade de água para irrigação.....	10
4.5. Padrões de potabilidade da água	11
5. Metodologia.....	13

5.1.	Área de estudo.....	13
5.2.	Materiais e equipamentos utilizados	15
5.3.	Desenho de estudo.....	16
5.4.	Amostragem	16
5.5.	Produção da Alface no vale de Infulene.....	17
5.6.	Procedimentos laboratoriais	18
5.6.1.	Preparação de amostra de Água de Irrigação.....	18
5.6.2.	Processo de Filtragem	19
5.6.3.	Determinação de <i>Escherichia coli</i> na água.....	19
5.7.	Análise de dados.....	20
6.	Resultados.....	22
6.1.	Quantidade de <i>E. coli</i> na água de irrigação de fonte residual	22
6.2.	Quantidade de <i>E. coli</i> na água de irrigação de fonte potável	23
6.3.	Quantidade de <i>E. coli</i> na água de irrigação de fonte residual versus potável	23
7.	Discussão.....	25
7.1.	Quantidade de <i>E. coli</i> na água de irrigação de fonte residual	25
7.2.	Quantidade de <i>E. coli</i> na água de irrigação de fonte potável	25
7.3.	Quantidade de <i>E. coli</i> na água de irrigação de fonte residual versus potável	26
8.	Conclusão	28
9.	Recomendações	29
10.	Referências bibliográficas.....	30



Lista de anexos

Anexo 1: Testes descritivos	37
Anexo 2: Teste de normalidade dos dados	37
Anexo 3: ANOVA	38
Anexo 4: Padrões de potabilidade de água dos parâmetros microbiológicos	38
Anexo 5: Directrizes da OMS para utilização de águas residuais tratadas na agricultura.....	39
Anexo 6: Local de colheita de Amostra.....	40

1. Introdução

Anualmente a agricultura é responsável por 87% do consumo total de água no mundo, em termos globais, a indústria usa 24% e consome 4% da água hoje aproveitada e seu uso excessivo pode acarretar a diminuição do volume ou o esgotamento dos aquíferos subterrâneos (Falloon e Betts, 2010).

A água por ser componente essencial ao desenvolvimento de culturas, a sua disponibilidade está directamente relacionada com o aumento da produtividade, uma das principais dificuldades tem sido a disponibilidade desse recurso para a irrigação (Falloon e Betts, 2010; Silva *et al.*, 2016).

Dentre as principais fontes de água utilizadas para a irrigação, pode-se destacar os poços, a água da chuva armazenadas e protegidas, rios e açudes, sendo esta ordem a de menor para maior risco de contaminação e raramente é usada a água de abastecimento público devido principalmente ao seu alto custo, uma vez que a demanda exigida para este propósito é bastante elevada (Lotto, 2008; Ferguson *et al.*, 2012).

Outro tipo de água que vem aumentando a sua utilização na agricultura principalmente em regiões semiáridas é a água residual urbana e/ou industrial tratada (Castro *et al.*, 2015), entretanto, essa água quando não tratada adequadamente e utilizada para irrigação na agricultura, pode apresentar alto risco à saúde dos trabalhadores do campo e consumidores dessas culturas (Pedrero *et al.*, 2010).

Entre as actividades agrícolas desenvolvidas na província de Maputo, destaca-se a produção de hortícolas nas áreas do vale de Infulene durante todo ano. Entretanto, o período de inverno (entre Abril e Julho) as temperaturas são apropriadas para as culturas aqui praticadas (hortícolas) sendo que no verão há mais chuvas e o vale costuma inundar (Siteo, 2008).

Nos últimos anos devido as mudanças climáticas, nota-se que as épocas chuvosas têm sido de curta duração, o que faz com que os agricultores de pequenas propriedades rurais fiquem à mercê de um curto período de chuvas para plantar as suas culturas de subsistência (Sadiq *et al.*, 2014), desse modo, os agricultores têm recorrido a águas do poços, residuais e de fontes subterrâneas para suprir as necessidades dos cultivos, no entanto, a prática da irrigação deve respeitar os critérios

sanitários que garantam o uso de água de boa qualidade e em quantidade adequada (Andrade, 2009).

O principal teste realizado para a avaliação das condições microbiológicas da água e das hortaliças é a detenção de bactérias do grupo coliformes, que são os principais indicadores de poluição fecal, pois habitam o tracto intestinal e são eliminados em grande número com as fezes (Lee *et al.*, 2014).

Os alimentos irrigados, de modo especial as hortaliças (dentre elas a alface), são caracterizadas por sua importância na alimentação e na saúde humana e o seu consumo tem crescido não só pelo aumento da população, mas sobretudo pela tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor (Francis e Brown, 2012). A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça folhosa popular mais consumida que se destaca como fonte de vitaminas e sais minerais (Silva *et al.*, 2011).

Diversos estudos têm comprovado uma relação clara entre o aumento dos surtos de doenças ligadas à alimentação, com o maior consumo de produtos frescos como frutas e hortaliças (Francis e Brown, 2012). Nesse sentido, Assis e Uchida (2014) caracterizam as hortaliças como sendo, muitas vezes, inseguras para o consumo humano, tratando-se de alimentos consumidos *in natura* e passíveis de contaminação microbiológica, sobretudo nas fases de pré-preparo. É imprescindível que a etapa de lavagem desses vegetais seja realizada com água de boa qualidade adicionada de soluções sanitizantes, obtendo-se produtos microbiologicamente mais seguros (Adami e Dutra, 2011).

Tendo em vista que o consumo da água e alimentos contaminados traz severas implicações para a saúde humana, o presente estudo tem por objectivo analisar a qualidade bacteriológica da água utilizada para irrigação, assim como da alface por ela irrigada.

1.1.Problema de pesquisa

Os riscos microbianos que afectam a segurança das hortaliças que podem estar presentes em qualquer processo de adubação inadequada (dejectos fecais), higiene pessoal, irrigação inadequada e água contaminada sendo que as hortícolas produzidas no vale de Infulene não estão isentas dos riscos acima descritos (Oliveira *et al.*, 2012).

Salienta-se que as margens do vale de Infulene é uma das grandes áreas de produção de horticultas garantindo deste modo fornecimento a alguns mercados da Cidade de Maputo e Matola (Zunguze *et al.*, 2009). No entanto, de acordo Zunguze *et al.* (2009), durante a produção são usadas diversas fontes de água para irrigação das hortícolas, sendo comuns a água subterrânea, água da estação de tratamento de águas residuais (ETAR) e água do rio Mulaúzi.

Na maioria das vezes as águas usadas para a irrigação são de baixa qualidade, pois provém de efluentes municipais não tratados o que propicia a ocorrência de microrganismos patogénicos, uma das quais podemos citar a *E. coli*, em hortaliças irrigadas com águas residuais (Varallo, 2011).

A contaminação dessas hortaliças pode ocorrer devido à presença de fezes humanas e outros animais na água de irrigação, solo e através da utilização de matéria fecal proveniente de criações domésticas como adubo, havendo possibilidade transmissão ao homem através da ingestão de vegetais consumidos frescos (Paiva, 2011; Barbosa *et al.*, 2016).

Considerando o interesse pelo consumo dos alimentos folhosos crus e a preocupação com a qualidade microbiológica, devido à maioria das infecções alimentares causadas pela utilização da água contaminada para irrigação. E dado o caso de serem poucos os estudos que abordam as toxinfecções alimentares, sobre tudo causada pelas hortícolas, pretende-se com esta pesquisa responder a seguinte questão norteadora:

Qual é a qualidade microbiológica da água usada na irrigação de alface no vale de Infulene?

1.2. Justificativa

A água utilizada para irrigação pode ser principal fonte de bactérias nas hortícolas (Barbosa, 2013). É necessário analisar a qualidade da água de diversas fontes utilizadas para irrigação das hortas para saber o nível da contaminação bacteriana e evitar a disseminação de várias doenças (Silva *et al.*, 2016).

No vale de Infulene são usadas várias fontes de água para irrigar as culturas e sem um conhecimento prévio da qualidade microbiológica dessa água (Muhate e Moraes, 2016).

A realização desta pesquisa pode ser explicada pela existência de escassos estudos sobre a qualidade, a concentração de *E. coli* e outros microrganismos na água usada para a irrigação da

alface cultivada no vale de Infulene o que possivelmente pode vir a colocar em risco a saúde do produtor e do consumidor caso estejam acima dos valores dos padrões aceitáveis para a irrigação assim como da água para o consumo.

Do mesmo jeito espera-se que a abordagem deste tema seja de alguma utilidade, principalmente aos colaboradores do vale de Infulene membros do sector académico e da sociedade civil em geral, na medida em que permitirá novas reflexões em torno do problema, sobretudo em estudos futuros.

2. Objectivos

2.1.Geral

- ✓ Avaliar a qualidade microbiológica da água usada na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.) no vale de Infulene.

2.2.Específicos

- ✓ Determinar a quantidade de *Escherichia coli* presentes nas diferentes fontes de águas destinadas a irrigação de alface no vale de Infulene;
- ✓ Determinar a quantidade de *Escherichia coli* na alface (*Lactuca sativa* L.) submetido a diferentes fontes de águas de irrigação;
- ✓ Relacionar a quantidade de *Escherichia coli* presente nas diferentes fontes de águas de irrigação e na alface cultivada no vale de Infulene.

3. Hipóteses

- ✓ **Hipótese Nula:** A água contaminada por microbacterias que e usada para irrigar diferentes espécies principalmente o alface, sem observar tratamento prévio não contaminam as culturas.
- ✓ **Hipótese Alternativa:** A água contaminada por microbacterias que e usada para para irrigar diferentes espécies, principalmente o alface, sem observar tratamento prévio, contaminam as culturas.

4. Revisão da literatura

4.1. Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) originou-se de espécies silvestres, actualmente encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental. A alface é uma planta anual herbácea e delicada pertencente à família asterácea, possui um caule diminuto onde se prendem as folhas (Campos, 2020).

É uma cultura delicada e sensível às condições climáticas como temperatura extrema e luminosidade, apresenta melhor desenvolvimento em condições de temperaturas amenas entre 18 a 25°C (Colariccio e Chaves, 2017).

Tal como outras culturas folhosas esta é caracterizada por um sistema radicular superficial que exige um rigoroso controlo de irrigação. O manejo da humidade ao longo do período de crescimento é um factor crítico para a boa produção com qualidade. Mesmo em períodos relativamente curtos de humidade inadequada, pode afectar a cultura (Campos, 2020).

A alface é uma hortaliça popular com grande importância na saúde por ser consumida crua há maior aproveitamento de nutrientes pois contém um elevado teor de pró-vitamina A, fonte de vitaminas (A1, B1, B2 e C), sais minerais como o ferro e o fósforo e por apresentar baixo valor calórico (Paiva, 2011; Barreto, 2018). Possui propriedades calmantes, como lactupicrina e a lactucina, sendo amplamente recomendada na dieta alimentar de pessoas em tratamento da obesidade e doenças crónico-degenerativas como, diabetes mellitus, cancro e doenças cardiovasculares (Barreto, 2018).

Rendimentos de alface podem chegar a até 50-70 toneladas por hectare, dependendo da variedade, número de ciclos de plantio e condições do solo. A duração do ciclo plantio/colheita em solo é de 60-90 dias no outono e no verão 21 a 30 dias (Campos, 2020).

4.2. Qualidade Microbiológica da Alface

A alface é um dos alimentos consumido cru com maior índice de contaminação e repercussão na saúde humana, acarretando desde diarreia branda até casos mais graves, como desidratação, perda de peso e anemia (Barbosa *et al.*, 2016).

De entre os vários parâmetros com influência na inocuidade dos alimentos, as suas características microbiológicas assumem particular relevância, quer pelas doenças que podem provocar quer pela estabilidade do alimento com manutenção das suas qualidades, a análise microbiológica dos alimentos, permite controlar a qualidade microbiológica geral dos géneros alimentícios e detetar a presença de microrganismos patogénicos ou de toxinas suscetíveis de causarem toxinfecções alimentares (André, 2017).

4.3. Fontes de contaminação de alface nas machambas

4.3.1. Água de irrigação

As actividades humanas directa ou indirectamente podem reduzir a qualidade da água, tornando-a inadequada para o consumo humano e sua aplicação em outras actividades (Alface e Naene, 2023).

A água é um bem finito e essencial à sobrevivência de todos os seres vivos, a crescente demanda de água causada principalmente pelo crescimento explosivo das populações urbanas, tem pressionado o Homem a reutilizar águas residuais para o desenvolvimento da actividade agrícola (Matangue, 2015).

O controlo sanitário da água utilizada nas práticas agrícolas é importante para a manutenção da saúde da população (Saraiva, 2013) pois, a água pode actuar como veículo de disseminação de doenças, contaminando o solo e toda produção agrícola (Scherer *et al.*, 2016).

A água potável é a de melhor qualidade, porém, não se encontra disponível em quantidades que se permita o seu uso para a irrigação e possui custo mais elevado com relação a qualidade microbiológica. Deste modo, recorre-se as águas subterrâneas, água da chuva e águas de superfície (Uyttendaele *et al.*, 2015), devido sua qualidade aceitável e baixo custo, estas fontes estão sendo

cada vez mais utilizadas para irrigação (Marouelli e Silva, 2015) no entanto, a qualidade e a sustentabilidade dos reservatórios estão ameaçadas em algumas regiões, isso resulta da degradação e poluição de rios, destruição de zonas húmidas e contaminação química e microbiológica da água (Decol, 2018).

Se adequadamente tratada e aplicada de forma segura, as fontes de água doce são uma valiosa fonte hídrica e de nutrientes para a agricultura (Decol, 2018).

4.3.2. Insumos naturais

Durante o cultivo de hortaliças, pode ocorrer contaminação fecal de forma directa ou indirecta; directa quando são utilizados como fertilizantes excretos humanos ou de animais; de forma indirecta quando há o uso de águas contaminadas com material de origem fecal, seja na irrigação ou na lavagem de verduras (Silva, 2015).

O esterco de origem animal gera um ambiente húmido e quente o que favorece a manutenção e proliferação de microrganismos. Para diminuir o risco de contaminação, a técnica recomendada é a compostagem: um processo biológico de decomposição de matéria orgânica de origem animal ou vegetal, no final do processo o produto obtido pode enriquecer o solo, melhorando suas características sem contaminar o meio ambiente (Saraiva, 2013).

4.4. Avaliação da qualidade de água para irrigação

Na qualidade da água para irrigação muitas vezes avalia-se a salinidade, a condutividade eléctrica e a quantidade total de sólidos dissolvidos, entretanto, uma correta interpretação da qualidade da água em sistemas de irrigação depende dos parâmetros analisados e sua relação com os possíveis efeitos no solo, na cultura, no manejo da irrigação e na saúde do trabalhador (Silva, 2018).

A água quando contaminada por efluentes não tratados, principalmente esgotos domésticos, é um dos principais meios de transmissão e disseminação de doenças ao homem e essas doenças podem ser causadas por protozoários, helmintos, vírus, fungos e bactérias (Marouelli *et al.*, 2011).

No caso de uso da água para irrigação, uma água de baixa qualidade pode acarretar na contaminação dos alimentos irrigados, comprometendo a qualidade do produto e, principalmente,

a saúde humana, uma vez que hortaliças e frutas, especialmente aquelas consumidas cruas, podem servir de veículo de transmissão de uma série de doenças aos consumidores (Uyttendaele *et al.*, 2015).

A presença de microrganismos patogênicos, tais como a *E. coli O157:H7* e *Salmonella spp.*, em hortaliças irrigadas com água contaminada tem sido crescente, e, por essa razão, a avaliação da água de irrigação adquire grande importância (Ferguson *et al.*, 2012, Oliveira *et al.*, 2012, Uyttendaele *et al.*, 2015).

Além do grupo coliforme, a pesquisa quanto a presença de *Pseudomonas aeruginosa* na água e nos alimentos tem se mostrado de grande importância, tendo em vista que é classificado como um dos microrganismos mais versáteis e oportunistas, e sua presença encontra-se cada vez mais difundida no meio ambiente (Almeida *et al.*, 2009).

4.5. Padrões de potabilidade da água

A água é um recurso essencial para a vida, para saúde dos alimentos, para o desenvolvimento económico e o meio ambiente sustentável (Almeida, 2010).

O limite de contaminação estabelecido pela Organização Mundial da Saúde para a água destinada a irrigação de hortícolas consumidas cruas é de 1000 UFC de coliformes termotolerantes por 100 ml (Marouelli, 2014).

Em Moçambique, as águas superficiais constituem a maior fonte de água potável e destas, cerca de 216 000 milhões de metros cúbicos encontram-se disponíveis às populações (Alface e Naene, 2023).

Os padrões de potabilidade da água indicam valores de referência que indicam a concentração máxima desejável de cada componente ou cada parâmetro, concernente aos padrões físicos, químicos e biológicos (Vilanculo, 2016).

Os padrões físicos contêm os indicadores sólidos (totais, dissolvidos e suspensos), turbidez, cor, temperatura, condutividade eléctrica, sabor e odor (Franco, 2008), o padrão químico contém os indicadores de pH, alcalinidade, dureza, cloretos, nitrogénio, fósforo, fluoretos, oxigénio

dissolvido, matéria orgânica, ferro e manganês e os padrões biológicos contém organismos indicadores de contaminação fecal e algas (Silva *et al.*, 2011).

5. Metodologia

5.1. Área de estudo

Este estudo foi realizado nas margens do vale do Infulene uma área localizada numa depressão natural na planície suave e ondulada. Encontra-se entre as latitudes 25°45'41,25''S e 25°56'06,11''S e longitudes 32°30'12,27''E e 32°35'13,86''E, a 5 km da cidade de Maputo (Zunguze *et al.*, 2009), no posto administrativo da Machava no município da Matola na Província de Maputo no Sul de Moçambique – Figura 1.

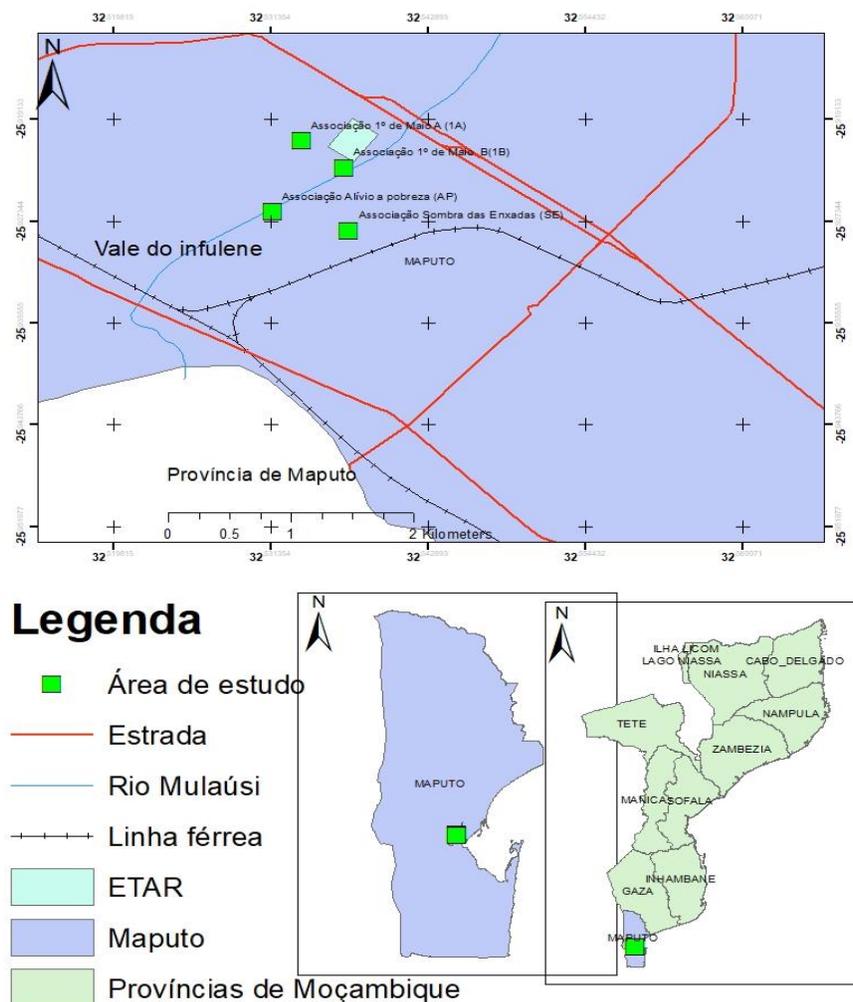


Figura 1: Localização Geográfica do vale do Infulene.

Foi aplicada a cartografia para a elaboração do mapa acima, recorrendo aos dados espaciais disponíveis que foram manipulados no *ArcGis* 10.4. Na base de dados do *ArcMap* foram seleccionados da área e o respectivo DEM. Para o recorte da área usou-se o *Arctoolbox*, contudo este recorte pode ser feito de duas maneiras:

- *Data Management Tools/Raster/Clip* e
- *Spatial Analys Tools*.

O vale do Infulene tem como limites a Norte o bairro de Patrice Lumumba, a Oeste o bairro da Machava sede, a Sul o bairro trevo, a Leste situa-se um riacho que é a continuação das águas do vale (Sitoe *et al.*, 2019).

O Vale tem um comprimento de cerca de 20 km e cerca de 0,5 km de largura média e estende-se na direção Norte-Sul, cobrindo bairros urbanos e suburbanos da Cidade de Maputo e Matola (Zunguze *et al.*, 2009).

O vale do Infulene resulta da ramificação do Rio Incomáti, próximo à sua foz, o riacho que conforma esta baixa, tem o nome de Rio Mulaúzi e percorre vários bairros periféricos das cidades de Maputo e Matola numa extensão que ultrapassa 15 km, antes de desaguar na Baía de Maputo (Zunguze, *et al.*, 2009).

Esta área é predominada por clima tropical que é característico da província de Maputo, com temperatura média anual entre 22,8°C e 23,4°C e média mensal entre 19,5°C e 26,3°C, atingindo os picos máximo e mínimo, nos meses de Fevereiro e julho respectivamente, o período mais quente do ano compreende os meses de Novembro a Abril e o mais frio os meses de Maio a Outubro (Macucua, 2005; Chibantão, 2012).

A humidade relativa média anual varia de 77,9% a 78,1%, os meses com maior humidade relativa são Fevereiro e Março com 80% e 81,5%, respetivamente, e os meses com menor humidade são Junho e Julho com 75% e 76% respetivamente, o período de maior precipitação ocorre nos meses mais quentes, entre Novembro e Março, com uma precipitação média anual entre 964,5mm e 999,7mm *idem* 2005 e *idem*, 2012).

As actividades agrícolas decorrem todo ano, sendo que no período de inverno (entre Abril e Julho), as temperaturas são apropriadas para as culturas aqui praticadas (hortícolas). No verão há mais chuvas e o Vale costuma inundar (Sitoe, 2008).

Nas margens do vale do Infulene ocorrem solos pesados e pretos (solos aluvionares), principalmente na zona baixa do vale, sendo por isso, difíceis de trabalhá-los à mão (Chibantão, 2012).

No vale de Infulene pratica-se uma agricultura periurbana, comercial e intensiva. A zona faz parte das áreas próprias para agricultura na cidade de Maputo, denominadas zonas verdes (Macuacua, 2005). A área é explorada maioritariamente por pequenos agricultores organizados em associações, alguns produzem uma única hortícola (abóbora, couve ou alface), outros fazem combinação de duas ou mais hortícolas (Macuacua, 2005). Constitui uma fonte de rendimento para cerca de 1073 famílias e é fonte de emprego para os trabalhadores contratados e para os revendedores de hortícolas. Os campos agrícolas do vale de Infulene são subdivididos em canteiros com dimensões de 3,5m a 5m de comprimento e 1,5 a 3 de largura, espaçados em 0,5m a 1,0m (Macuacua, 2005).

A venda das hortícolas tradicionalmente é feita na própria machamba e a colheita é feita pelos compradores, os vendedores dos bazares da cidade, vulgo Gwevas provenientes de Fajardo, Xiquelene, Janet e mercado Central (Macuacua, 2005).

5.2. Materiais e equipamentos utilizados

Os materiais, equipamentos, soluções e amostras usados no estudo encontram-se listados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Lista de materiais e equipamentos usados no estudo.

Materiais	Equipamentos	Soluções	Amostras
Placas Chromocult	Autoclave	Água destilada	Alface
Membranas filtrantes	Unidade filtradora com 3 filtros	Álcool	Água
Luvas	Colony counter	Lixívia	
Marcador	Bico de Búsen	Sabão líquido	

Saco plastico	Estufa		
Algodão	Fluxo laminar		
Papel toalha			
Papel de alumínio			
Pontas de 1µl-10µl,			
Pontas de 100µl			
Pontas de 1000µl			
Pontas de 10000µl			
Pipetas (1µl-10µl, 100µl e 1000µl)			
Frascos de 1000ml			
Frascos de 500ml			
Copos de Becker de 600ml			
Fita testemunha			
Papel de alumínio			
Copo de filtragem			
Etiquetas			
Pinças			
Gelo			

5.3.Desenho de estudo

Trata-se de um estudo descritivo, prospectivo com abordagem quantitativa e avaliou-se a qualidade microbiológica da água usada na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.) no vale de Infulene. A opção por este tipo de estudo é por conveniência.

5.4.Amostragem

As amostras foram colhidas no período da manhã (as 7 horas) durante um período de seis (6) semanas, de Fevereiro a Julho (excepto mês de Abril) e o tamanho das amostras foi de 250 ml por fonte de água.

Foram escolhidas quatro (4) diferentes fontes de água para a irrigação. Duas fontes de água antes da irrigação e outras já usadas na irrigação de alface. Tendo em conta que a área em estudo e extensa, procurou-se um ponto intermédio para se retirar as amostras.

As fontes de águas usadas foram: Água da torneira ou potável (antes e depois de irrigação) e água de efluentes do ETAR ou residuais (antes e depois de irrigação) – Figura 2. Foram colhidas vinte e quatro (24) amostras de água.

Cada amostra de água foi colhida com auxílio de um regador de mão com capacidade de 10 litros que os camponeses usam para retirar a água da fonte e irrigar os seus canteiros e foi depositada 250 ml da água num frasco de vidro estéril com capacidade de 250ml, devidamente etiquetado (local e data) e de seguida foi colocado numa caixa térmica contendo gelo e levados ao laboratório para posterior análise. Esta técnica foi usada para evitar a alteração de propriedades até ao manuseio da amostra para o laboratório.



Figura 2: Água de irrigação de fonte residual (A – águas do rio Mulaúzi; B – colheita de água para irrigação; C – processos de rega da alface).

5.5. Produção da Alface no vale de Infulene

Ao regar, colocou-se um recipiente de 250 ml em um dos pés de alface do canteiro de modo a retirar-se essa proporção de amostra. O frasco foi devidamente etiquetado e de seguida foi colocado numa caixa térmica contendo gelo para garantir uma temperatura de 4°C e levada ao laboratório para posterior análise.



Figura 3: Alface produzida no vale Infulene.

5.6.Procedimentos laboratoriais

Chegado no laboratório, fez-se a desinfecção da bancada de trabalho com algodão esterilizado embebido em álcool a uma concentração de 70%, retirou se da caixa térmica os frascos contendo as amostras e fez-se a inoculação na cabine de segurança.

O material foi previamente esterilizado no dia anterior no autoclave, no fluxo laminar ligou-se o ultravioleta (UV) para esterilizar, as bancadas e alguns materiais foram desinfectados com álcool a 70% para garantir um ambiente seguro para o trabalho (Kanai, 2006).

As amostras foram analisadas usando a técnica de filtração em membrana filtrante que consiste em filtrar a vácuo as amostras através de uma membrana filtrante onde ficarão retidas células de possíveis bactérias contaminantes (Kanai, 2006).

5.6.1. Preparação de amostra de Água de Irrigação

Consistiu na codificação das placas (tipo de amostra, volume e data), humedecimento das placas do meio de cultura desidratado ACC (Agar Cromogéneo para Coliformes) com 3,5ml de água destilada. Após este passo foram retirados da caixa térmica os frascos com a amostra e desinfectados com álcool a 70% para evitar contaminação, e foram filtradas as amostras nas diluições de 1 μ l, 10 μ l, 10² μ l, 10³ μ l, 10⁴ μ l e 10⁵ μ l em duplicado.

5.6.2. Processo de Filtragem

Primeiro desinfetou-se a unidade filtradora embebendo-se o papel toalha com álcool esterilizou-se as pedras na chama do bico de búsen. Para início da filtração desinfetou-se a pinça no álcool e esterilizou-se na chama, deixou-se arrefecer e retirou-se a membrana com auxílio da pinça e colocou-se no aparelho de filtração com as válvulas fechadas, abriu-se as válvulas do aparelho, colocou-se o copo de filtração e fechou-se as válvulas, de seguida adicionou-se 50ml de água destilada no copo de filtração e pipetou-se o volume a ser filtrado. Para o volume de $10^5 \mu\text{l}$ não foi necessária água destilada, somente deitou-se a amostra no copo de filtração sem diluir. Abriu-se as válvulas para poder filtrar a amostra, tendo sido filtrada toda a amostra retirou-se o copo de filtração e com auxílio da pinça retirou-se a membrana e colocou-se na placa. Tendo sido filtradas todas as amostras, foram incubadas a 36°C num período de 24 horas e foi feita a observação e contagem das colónias com auxílio de uma máquina para o efeito.

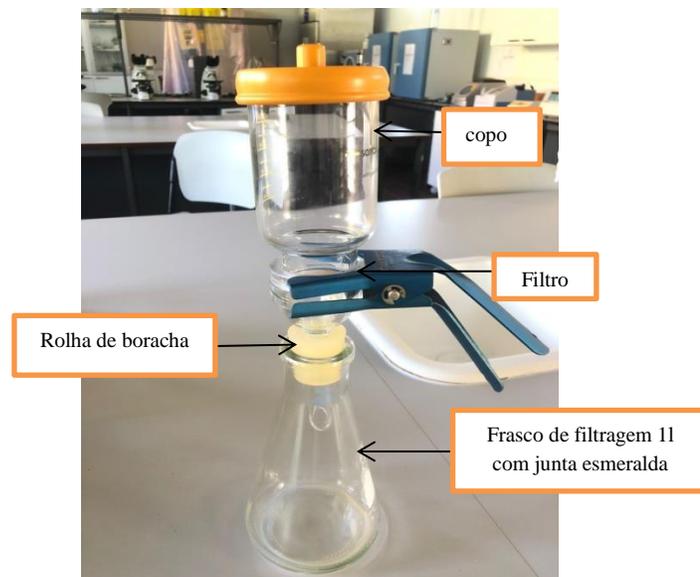


Figura 4: Unidade Filtradora.

5.6.3. Determinação de *Escherichia coli* na água

Para a determinação de *E. coli* em ACC foram escolhidas as placas que obtiveram a contagem das colónias azuis típicas de *E. coli* e com formação de gás devido a presença da enzima *B-glucuronidase* que hidrolisa o substrato cromo génico do meio produzindo a cor azul. A contagem foi feita com auxílio de um contador de colónias em placas que continham entre 20 a 200 colónias

totais para diferentes diluições e os resultados finais foram registados como unidade formadora de colónia (UFC) por 100 ml. Após contagem das colónias típicas de *E. coli* e cálculo das UFC/100 ml (Unidades Formadoras de Colónia). Por tratar-se de análises microbiológicas os dados obtidos apresentaram valores muito extensos, por essa razão, os resultados foram expressos em Log_{10} UFC (Logaritmo das Unidades Formadoras de Colónia), de modo a reduzir a representação numérica a uma escala mais fácil de ser visualizada e interpretada (Coelho, 2020).

Para calcular a concentração de *E. coli* foi usada a seguinte equação, considerando as possíveis correções pelo factor de diluição utilizado:

$$C = \frac{UFC}{V} \times 100$$

Onde:

Concentração de UFC por mililitro ou grama de inoculante (UFC/ml) – C;

Unidades formadoras de colónias (número de colónias contadas) – UFC;

Volume diluído (ml) – V.

O valor de multiplicação por 100 refere-se á unidade a ser multiplicada para a extrapolação do número de células viáveis por mililitro. A contagem foi feita em placas que continham maior que 20 e menor que 300 colónias.

Todos os resultados das análises microbiológicas foram comparados com o padrão estabelecido pelo Diploma Ministerial da República de Moçambique nº.180/2004 que aprova o regulamento sobre a qualidade de água para o consumo.

5.7.Análise de dados

Foi criada uma base de dados onde foram armazenados no Microsoft Office Excel 2016. Nesta base de dados fez-se os cálculos das médias de cada grupo de amostra de modo a ver qual é a média de microbactérias que podemos encontrar na água utilizada na rega e nas próprias culturas. Todos os resultados dos parâmetros avaliados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), usada para testar as hipóteses de água usada para irrigação ter presença de *E. coli* ou não e posteriormente pelo teste de comparação de médias de Turkey, com nível de 5% de

significância utilizando o pacote estatístico SPSS versão 22. Para verificar se existiam diferenças significativas entre os pontos de amostragem.

6. Resultados

A partir da análise laboratorial feita, verificou-se crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) em todas as amostras (24 amostras) colhidas nas quatro (4) fontes de água usadas para a irrigação.

6.1. Quantidade de *E. coli* na água de irrigação de fonte residual

Para o caso da água de irrigação, a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) referente a amostras de água residual de efluentes de ETAR (P2) antes da irrigação de alface foi de 7,08 logUFC/100ml (vide figura 5).

Porém constatou-se após a irrigação das alfaces a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) na amostra de água de irrigação proveniente de água residual de efluentes de ETAR (P1) foi de 7,28 logUFC/100ml – Figura 5.

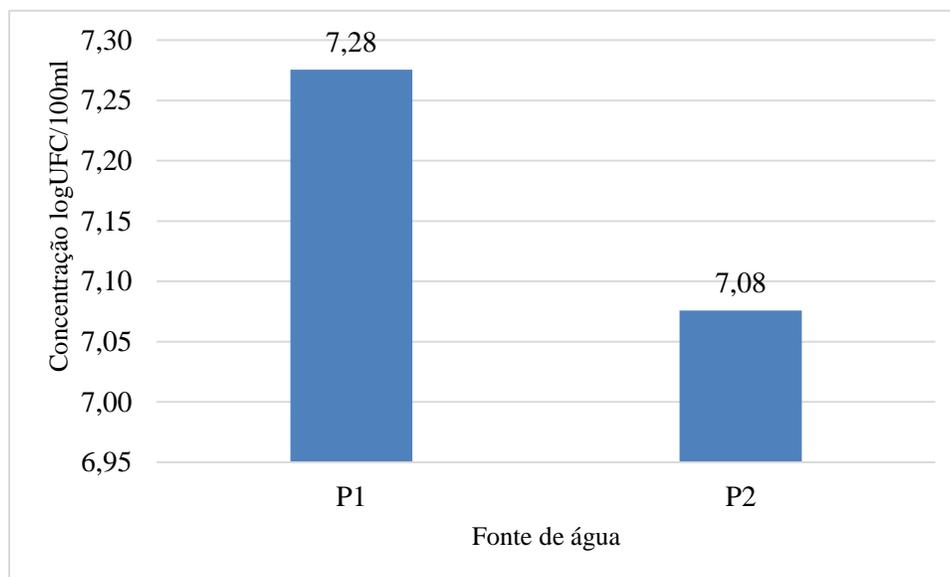


Figura 5: Concentração de *E. coli* em amostras de água de fonte residual (P2 – Água residual do ETAR antes da irrigação, P1 – Água residual do ETAR após da irrigação).

6.2. Quantidade de *E. coli* na água de irrigação de fonte potável

Quanto a fonte de água potável usada para a irrigação a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) foi de 0,39 logUFC/100ml antes da irrigação das alfaces (P3) e 4,98 logUFC/100ml depois da irrigação das alfaces (P4), como ilustra a Figura 6.

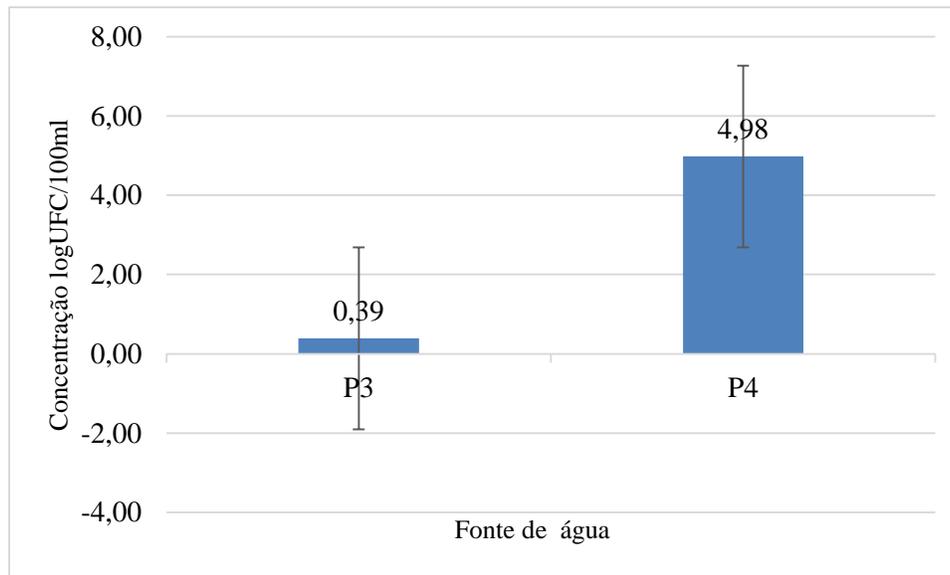


Figura 6: Concentração de *E. coli* em amostras de água potável (P3 – Água da torneira antes da irrigação da alface; P4 - Água da torneira após a irrigação da alface).

6.3. Quantidade de *E. coli* na água de irrigação de fonte residual versus potável

A contagem média global de *E. coli* mostrou a existência de diferenças estatisticamente significativas por intermédio do teste de análise de variância (ANOVA: $F=4,601449$; $p=0,003$; Turkey HSD; $\alpha > 0,005$) entre os grupos água da torneira ou potável (antes e depois de irrigação) e água de efluentes do ETAR ou residuais (Antes e depois de irrigação).

A partir do gráfico é possível notar maior crescimento microbiano na água de fonte residual (P1 e P2) em relação a água de fonte potável (P3 e P4). Verificou-se maior crescimento microbiano na água após a irrigação (P1 e P4) em relação a água antes da irrigação das alfaces (P2 e P3).

A Figura 7 mostra a comparação entre o crescimento de microrganismos nas duas fontes de água antes e depois da irrigação da alface.

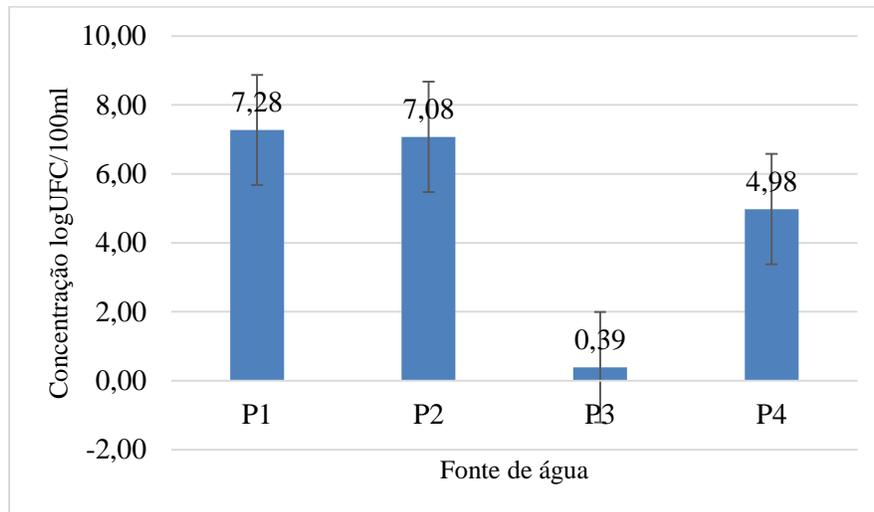


Figura 1: Concentração de *E. coli* em amostras de água do Infulene (P1 – Água residual do ETAR após a irrigação, P2 – Água residual do ETAR antes da irrigação, P3 – Água da torneira antes da irrigação da alface, P4 – Água após a irrigação da alface).

7. Discussão

7.1. Quantidade de *E. coli* na água de irrigação de fonte residual

A concentração média de *E. coli* na amostra de água antes da irrigação foi de 7,08 logUFC/100ml e após a irrigação foi de 7,28 logUFC/100ml, este aumento deveu-se pela junção da água com as hortícolas. O que significa que as hortícolas tinham microrganismos que se juntaram com as que estavam na água antes da irrigação, houve aumento de 7,08 para 7,28. Segundo Muhate e Moraes (2016), os efluentes da estação não são submetidos ao processo de desinfecção e este não possui monitoramento da qualidade dos mesmos, este facto pode explicar com clareza a maior concentração de microrganismo na água proveniente desta fonte em relação a outra fonte.

Silva *et al.* (2020), ao estudarem a qualidade bacteriológica da água de irrigação de hortaliças, relataram as precárias condições das hortaliças bem como a água usada para irrigação desses, demonstrando contaminação por coliformes totais e/ou termotolerantes em amostras de água de irrigação assim como amostras de solo e amostras de alfaces. O mesmo se verificou com as culturas da área do vale do Infulene, considerar que não há mecanismos para auxiliar os camponeses na detecção de microbactérias.

7.2. Quantidade de *E. coli* na água de irrigação de fonte potável

Todas amostras de água (24 amostras) colectadas nas quatro (4) fontes usadas para a irrigação revelaram a presença de *E. coli*, embora em números abaixo do padrão estabelecido pelo Diploma Ministerial da República de Moçambique nº 180/2004.

Os resultados obtidos no estudo são concordantes com os achados por Rapulua (2022) no mesmo local, tendo notado diferentes níveis de contaminação por coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*. O mesmo autor constatou uma variação sazonal da contaminação por coliformes fecais, coliformes totais e *Escherichia coli* consoante os níveis de precipitação na região.

Salienta-se que os altos valores na concentração de coliformes totais encontrados podem representar problemas de saúde pública, visto que a composição microbiológica da água de cultivo informa sobre o grau de poluição microbiana (Figueiredo *et al.*, 2015).

7.3. Quantidade de *E. coli* na água de irrigação de fonte residual versus potável

A partir dos resultados pode-se inferir que houve crescimento de microrganismos em todas as fontes. Os resultados deste estudo mostraram uma taxa de crescimento de *E. coli* no intervalo de 0,39 logUFC/100ml à 7,28 logUFC/100ml, o que significa que este aumento pode estar relacionado as comunidades microbianas de cada fonte. A comunidade microbiana em água da torneira deve ser baixa ou inexistente (ver decreto nr 180/2004).

Na água de fonte residual pode ser devido aos tipos de fertilizantes presentes em esterco guardados nas margens dos rios, e com a queda da chuva podem ser arrastados até as fontes e vão contribuir com a carga microbiana. Estes resultados são similares aos encontrados por Decol (2018) que em seu estudo sobre “*qualidade microbiológica da água de irrigação e seu impacto sobre a segurança na produção de alfaces*” encontrou uma taxa de crescimento de *E. coli* nos intervalos de 2,1 a 5,4 logUFC/100 ml, da mesma forma, Castro-Ibañez *et al.* (2015) também encontraram em seu estudo uma taxa de crescimento de *E. coli* nos intervalos de 2,41 a 4,5 logUFC/100ml.

Os patógenos são difíceis e caros de se monitorar, segundo as diretrizes da OMS, preparada para atender as necessidades de países em desenvolvimento prescreve um limite para coliformes fecais $\leq 1000/100$ ml, a fraca resposta em termos de segurança em tratamentos de águas residuais cujas exigências estejam associadas a esses limites de valores (Muffareg, 2003).

Fazendo uma análise comparativa pode-se notar maior crescimento microbiano na água de fonte residual (P1=7,28 logUFC/100ml e P2=7,08 logUFC/100ml) em relação a água de fonte potável (P3=0,39 logUFC/100ml e P4=4,98 logUFC/100ml), apesar de ter sido detetado a presença de coliformes fecais, a água amostrada esta dentro dos parâmetros recomendados pela OMS.

As águas superficiais e residuais representam a fonte mais comum de água usada para irrigação (Gleick, 2000). De acordo Allende e Monaghan (2015), as águas residuais são consideradas por muitas entidades internacionais como um dos cursos de água de maior risco para irrigação. O

pressuposto acima aludido pode explicar a razão pela qual constatou-se maior taxa de crescimento de microrganismo nas águas residuais, 7,08 logUFC 7,28 logUFC/100ml respectivamente em relação as águas potáveis.

A prevalência de *E. coli* em água de irrigação reportadas na Espanha e Bélgica, foram diferentes destes, sendo que a avaliação do perfil de *E. coli* nas águas de irrigação nestas áreas mostraram um perfil de crescimento no raio de 1,0 e 1,5 log UFC100 ml, que foram muito abaixo dos resultados encontrados, neste estudo encontraram diferenças estatisticamente significativas quanto ao nível de contaminação da água usada para a irrigação de fonte subterrânea e águas residuais, semelhantemente ao que foi determinado neste estudo variância (ANOVA: $F=4,601449$; $p=0,003$; Tukey HSD; $\alpha > 0,005$), isto significa que a probabilidade de ocorrência da *E. coli* é maior em águas residuais em relação as águas potáveis (Holvoet *et al.*, 2014).

Directrizes e regulamento internacionais sobre a qualidade microbiológica, especificamente das águas de irrigação publicadas sugerem que a presença de *E. coli* pode ser um indicativo que esta recebeu material fecal ou esgoto (Uyttendaele *et al.*, 2015; Decol, 2018).

Possíveis fontes de contaminação da água podem ser pelo lançamento de esgotos domésticos, que pode atingir lençóis aquáticos de pouca profundidade que são frequentemente usados na irrigação (Mendonça, 2014).

8. Conclusão

Quase todas as fontes de água usadas para a irrigação apresentam um nível acentuado de coliformes fecais (*E. coli*), sendo, contudo, um enorme perigo para a saúde dos que consomem os produtos que se usa esta água para irriga-los e para saúde publica.

Os resultados deste estudo sugerem que a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) é maior nas amostras de fontes residuais antes irrigação (7,08 logUFC/100ml) e depois da irrigação (7,28 logUFC/100ml), em relação a fonte de água potável usada onde a taxa média de crescimento de coliformes fecais (*E. coli*) foi de 0,39 logUFC/100ml antes da irrigação das alfaces (P3) e 4,98 logUFC/100ml depois da irrigação das alfaces.

A carga microbiana é elevada. Mas, apesar da elevada carga microbiana está dentro dos parâmetros estabelecidos pela OMS, que prescreve um limite para coliformes fecais $\leq 1000/100$ ml.

9. Recomendações

As principais recomendações a deixar são:

- Fazer o estudo em diferentes fontes que apresentem um nível de contaminação considerável de água e a água é usada para irrigação;
- Fazer o estudo nas duas estações do ano, isto é, na estação fria e quente para verificar se existe alguma influência do clima na contaminação da alface e conseqüentemente na água de irrigação;
- Realizar estudos que incluam a medição de todos os parâmetros físicos e químicos e uma análise dos solos do vale do Infulene.

10. Referências bibliográficas

- Adami A. A. V. e M. B. L. Dutra (2011). Análise da Eficácia do Vinagre como Sanitizante na Alface (*Lactuca sativa* L.). *Revista Eletrônica Acervo Saúde*. 3(3): 52-56.
- Alface, C.J. D e J. E. Naene (2023). Águas Subterrâneas e Superficiais Usadas Para o Consumo Humano Em Moçambique. *Avaliação da qualidade e proposta de tratamento*. 1º Ed – São Paulo: Editora Aluz Científica.
- Allende, A. e J. M. Monaghan (2015). Irrigation water quality for leafy crops: A perspective of risks and potential solutions. *Int J Environ Health Res*. 12: 7457–7477.
- Almeida, O. A. (2010). Qualidade da Água de Irrigação, 1ª Edição, 234Pp. Embrapa.
- Andrade E. M. (2009). Irrigação e suas Implicações sobre o Capital Natural em Regiões áridas e Semiáridas. *Revista Ceres*. 56: 390–398.
- André, M. V. (2017). *Controlo da Qualidade em Microbiologia Alimentar –Estágio em laboratório com acreditação IPAC segundo a NP EN ISO/IEC 17025*. Tese de Licenciatura. 75 pp. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Assis L.L. R e N. S. Uchida (2014). Análise da Qualidade Microbiológica de Hortaliças Minimamente Processadas Comercializadas em Campo Mourão. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR*, 5(3): 17 – 22.
- Barbosa, P. R., H. C. Brito., E. M. A. Lemos, O. O. Vasconcelos, G. S. Alves (2013). Análise Microbiológica de Alface (*Lactuca sativa* Var. Crispa) de Diferentes Pontos de Comércio da Cidade de João Pessoa-PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(3): 1458 – 1568.
- Barbosa, V. A. A., F. C. Cardoso-Filho, A. X. L. Silva, D. G. S. Oliveira, W. F. Albuquerque e V. C. Barros (2016). Comparação da contaminação de alface (*Lactuca sativa*) proveniente de dois tipos de cultivo. *Revista de higiene e sanidade animal*, 10(2): 231–242.
- Barreto, N. P. (2018). *Indicadores de Qualidade de Alface (*Lactuca sativa*) Produzidas em Municípios do Sertão Paraibano: Aspectos Microbiológicos e Parasitológicos*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural.69pp.

-
- Campos J. P. P. (2020). Aspectos Gerais na Cultura da Alface. Curso de Técnico em Agropecuária. 36pp. Santa Cruz do Rio Pardo-SP, CEETEPS – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”.
 - Castro, C. B., A. R. Lopes, I. V. Moreira, E. F. Silva, C. M. Manaia e O. C. Nunes (2015). Wastewater Reuse in Irrigation: A Microbiological Perspective on Implications in Soil Fertility and Human and Environmental Health. *Environment International*, 75: 117-135.
 - Castro-Ibáñez, I., Gil, M. I., Tudela, J. A., Ivanek, R e Allende, A. (2015). Assessment of microbial risk factors and impact of meteorological conditions during production of baby spinach in the Southeast of Spain. *Food Microbiol.* 49, 173–181.
 - Chibantão, G. V. G. (2012). Controlo da qualidade da Água do rio infulene para fins de Irrigação. Tese de Licenciatura. 100Pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
 - Coelho, Carolina de Lemos. (2020). Análise microbiológica de água: técnica de PCR.
 - Colariccio, A e Chaves, A. L. R. (2017). *Aspectos Fitossanitários da Cultura da Alface*. Boletim Técnico Instituto Biológico. 126p. São Paulo – SP.
 - Decol L. T. (2018). Qualidade Microbiológico da Água e seu Impacto sobre a Segurança na Produção de Alfaves. Tese de Doutorado. 188pp. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
 - DM 180/2004. Diploma Ministerial (nº.180/2004). Aprova o Regulamento sobre a qualidade da água para o consumo. Ministério da Saúde. Publicação oficial da República de Moçambique.
 - Fallon, P. e R. Betts (2010). Climate Impacts on European Agriculture and Water Management in the Context of Adaptation and Mitigation—The Importance of an Integrated Approach. *Science of the Total Environment* 408: 5667–5687.
 - Ferguson, A. S., Layton, A. C., Mailloux, B. J., Culligan, P. J., Williams, D. E., Smartt, A. E., Sayler, G.S., Feighery, J., Mckay, L.D., Knappett, P.S.K., Alexandrova E., Arbit, T., Emch, M., Escamilla, V., Ahmed, K.M., Alam, MD.J., Streatfield, P.K., Yunus, M e Geen, A.V., (2012). Comparison of fecal indicators with pathogenic bacteria and rotavirus in groundwater. *Sci Total Environ.* 431, 314–322.
 - FIGUEIREDO, J; RIBEIRO, S; PAULA, T e PONTES, A. (2015). Determinação da concentração de coliformes totais e temotolerantes na água de cultivo de ostras do mangue em regiões estuariana.

-
- Francis K. A. e Brown (2012). Diversity of Antimicrobial Resistance and Virulence Determinants in *Pseudomonas aeruginosa* Associated with Fresh Vegetables.
 - Franco, R. A. M. (2008). Qualidade da água para Irrigação na Microbacia do Córrego do Coqueiro no Noroeste Paulista. Dissertação (Mestrado). 103p. Universidade Estadual paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade de Ilha Solteira.
 - Gleick P.H. (2000). Water Future: A Review of Global Water Resources Projections. 26pp. Pacific Institute for studs in Development, Environment, and Security.
 - KANAI, Karina Yuri. (2006). Detecção e identificação de microbactérias em corpos de agua destinados a capitação para o abastecimento urbano da cidade de São Carlos SP; UFSCar. São Carlos
 - Lee, c., Paik, k., Yoo, D. G e Kim, J. H. (2014) Efficient Method for Optional Placing of Water Quality Monitoring Stations for an Ungauged Basin. *Journal of environmental management*. 132:24-31.
 - Lotto, M. C. (2008). *Avaliação da Contaminação de Alface (Lactuca Sativa) Por Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli em Sistemas de Cultivo Orgânico e Convencional*. Tese de mestrado. 94p. Universidade Federal de São Carlos.
 - Macuacua, S. F. (2005). Alocação da Terra na Produção das Principais Hortícolas no Vale do Infulene. Trabalho de Licenciatura. 66p. Universidade Eduardo Mondlane.
 - Marouelli W.A e W. L. C. Silva (2011). Seleccção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. 2 ed Brasília Emprapa.
 - MAROUELLI, Waldir Aparecido; MALDONADE, I.R; BRAGA, M.B e SILVA, H.R (2014). Qualidade de segurança sanitária da água para fins de irrigação. Brasília; Embrapa
 - Matangue, M. T. A. (2015). Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico Aplicada ao uso de Águas Residuais para Irrigação – Contribuições ao estado da arte do conhecimento. Tese de Doutorado. 696pp. Brasil, Universidade Federal de Viçosa.
 - Mendonça, L.S. (2014). Qualidade e segurança alimentar: Risco de contaminação por coliformes em Alface produzidas e comercializadas em feira livre, de Uberlândia-MG. Tese de Mestrado. 82 Pp. Minas Gerais, Universidade Federal de Uberlândia.
 - Menezes, J. M. Prado, R. B., Silva, G. C. e Dos Santos, R. T. (2009) Índice de Qualidade de Água. *Sanare revista técnica de senapar*. Rio de Janeiro. (1) 20Pp.

-
- Mogharbel, A. D. I. (2007). Validação do emprego de instrumentos de coleta de dados, Alface e manipuladores como indicadores de boas práticas em lanchonetes. Tese de Doutorado. 137 Pp. Curitiba, Universidade Federal do Parana.
 - Mourão, I. M. (2014). O papel da Educação Ambiental na Disseminação de Tecnologias de Baixo custo para o tratamento de esgotos na cidade de Maputo: Uma análise Baseada na experiência do Brasil. Trabalho de Licenciatura. 58p. Universidade Eduardo Mondlane.
 - Muffareg M.R. (2003). Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reuso de Águas Residuárias. *Escola Nacional de Saúde Pública*.72p.
 - Muhate, J.C. e M.A.A. Moraes (2016). Identificando os Constrangimentos na Operação e manutenção da Estação de Tratamento de águas Residuais da Cidade de Maputo, Moçambique. *VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*.7p.
 - Oliveira, M (2010). Microbiological Quality of fresh Lettuce from Organic and Conventional production. *Food microbiol*, 27 (5): 679-684.
 - Paiva, J. L. (2011). *Avaliação microbiológica da alface (Lactuca sativa) em sistema de cultivo hidropônico e no solo, correlacionando os microrganismos isolados com os encontrados em toxinfecções alimentares em municípios da região Noroeste de São Paulo—SP*. Mestrado em Microbiologia. São José do Rio Preto.
 - Pedrero F., I. Kalavrouziotisb, J. J. Alarcóna, P. Koukoulakisb, T. Asano. (2010). Use of Treated Municipal Wastewater in Irrigated Agriculture—Review of Some Practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management* 97:1233–1241.
 - Rapulua, S. J. (2022). *Avaliação da qualidade da água do Rio Infulene*. Tese de Licenciaturas, 103p., Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique.
 - Romanowski, Francielle N; Castro, M.B e Neris, N.W. (2009). Manual de tipos de estudo; Anapolis.
 - Sadiq A. A., Amin S. A., Ahmad D., Umara B. G. (2014). Characteristics of Irrigation Tube Wells on Major River Flood Plains in Bauchi State, Nigeria. *Revista Ambiente & Água* 9 (4) 1314.
 - Santana, L. R. R., R.D.S. Carvalho., C.C. Leite., T.W.S.O. Alcântara e B.M. Rodrigues (2006). Qualidade Física, Microbiológica e parasitológica de Alfices (*Lactuca sativa*) de diferentes Sistemas de Cultivo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 26 (2): 264-269.

-
- Santos H. S., M. C. S. Muratori, A. L. A. Marques, V. C. Alves, F. C. C. Filho, A. P. R. Costa, M. M. G. Pereira e C. A. R. Rosa (2012). Avaliação da Eficácia da Água Sanitária na Sanitização de Alfaces (*Lactuca sativa*). *Revista do Instituto Adolfo Lutz* 71 (1): 56-60.
 - Saraiva, C.D. (2013). Avaliação Microbiológica das Principais Hortaliças Comercializadas nos Municípios de Juazeiro do Norte e Crato, no Ceara. Tese de Doutorado. 61Pp. Universidade Federal do Semiárido. Brasil.
 - Scherer K., C. E. Granada, S. Stulp, R. A. Sperotto (2016). Avaliação Bacteriológica e Físico-química de Águas de Irrigação, Solo e Alface (*Lactuca sativa* L). *Revista Ambiente e Água* 11(3): 666-674.
 - Silva D. S. M. (2015). Produção, Fisiologia e Qualidade Pós-Colheita da Alface 'Elba' Sob Adubação Foliar com *Spirulina platensis*. Dissertação Mestrado. 72pp. Pombal. Universidade Federal de Campina Grande.
 - Silva T. L. (2018). Qualidade da Água Residuária para Reuso na Agricultura Irrigada. *Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP.* 1(1): 101-111.
 - Silva, Á. F., de Lima, C., Queiroz, J., Jácome, P. R., & Júnior, A. T. (2016). Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas. *An Interdisciplinary Journal of Applied Science.* 11, 55.
 - Silva, I. N., L. O. Fontes, L. B. Tavella, J. B. Oliveira e A. C. Oliveira (2011). *Qualidade de Água na Irrigação. Agropecuária Científica no Semi-Árido-ACSA.* 07: (3) 0.
 - Silva, T. V. (2020). Uso da Terra e Qualidade da Água no Assentamento Antônio Conselheiro Mato Grosso. Dissertação Mestrado. 73pp. Universidade do Estado do Mato Grosso. Tangará da Serra.
 - Siteo, P. R., P. Mina, I. M. C. Aguiar. (2019). Gestão de Efluentes Municipais da ETAR da Cidade de Maputo e Arredores: Situação actual, impactos e desafios. *Revista Científica de Matemática, Ciências Naturais e Aplicadas*, 3 (1): 8.
 - Siteo, T. A. (2008). Evolução dos sistemas Agrários no vale do infulene, cidade da Matola- Província de Maputo: Uma Abordagem Sistémica. 23p.
 - Uyttendaele, M., Jaykus, L.A., Amoah, P., Chiodini, A., Cunliffe, D., Jacxsens, L., Holvoet, K., Korsten, L., Lau, M., McClure, P., Medema, G., Sampers, I. e Jasti, P.R., (2015). Microbial hazards in irrigation water: standards, norms, and testing to manage use

of water in fresh produce primary production. *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* 14. 336–356.

- Varalho, A. C. T., J. M. Souza, S. S. R. Rezende, C. F. Souza (2011). Avaliação Da Qualidade Sanitária Da Alface (*Lactuca sativa, L.*) Irrigada com Água de Reúso Comparada com Amostras Comercializadas. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: 6: (2). 10p.
- Vilanculo, G.R.F. (2016). *Avaliação da Eficiência do Tratamento de Água Para o Consumo Abastecida pela FIPAG na Cidade de Inhambane. Tese de licenciatura.* 66pp. Escola Superior De Desenvolvimento Rural Departamento de Engenharia Rural
- Zunguze, B. R., G. M. Mandlate, M. A. Jorge, A. R. Salamandane, A.A. Sambo, S. P. Assamo, E. V. Tanga, O. C. Z. Samo (2009). Estudo sobre a Agricultura Urbana e Periurbana na Cidade de Maputo-Relatório Final. 311p. Universidade Eduardo Mondlane.

Anexos

Anexo 1: Testes descritivos

Tabela 2: Resultados dos testes descritivos efectuados.

<i>P 1</i>		<i>P2</i>		<i>P 3</i>		<i>P 4</i>	
Média	7.27559	Média	7.07570 2	Média	0.52222 2	Média	4.97858 1
Erro-padrão	0.18417 9	Erro-padrão	0.28709 2	Erro-padrão	0.30576 3	Erro-padrão	0.30491 3
Mediana	7.45032 2	Mediana	7.33005 9	Mediana	0	Mediana	5.24143 7
Moda	#N/D	Moda	#N/D	Moda	0	Moda	#N/D
Desvio-padrão	0.63801 5	Desvio-padrão	0.99451 6	Desvio-padrão	0.91728 9	Desvio-padrão	1.05625 1
Variância da amostra	0.40706 3	Variância da amostra	0.98906 3	Variância da amostra	0.84141 9	Variância da amostra	1.11566 6
Curtose	2.59629 6	Curtose	1.89613	Curtose	0.70004 2	Curtose	1.66319 6
Assimetria	- 1.39238	Assimetria	-1.3518	Assimetria	1.53983 3	Assimetria	- 1.13478
Intervalo	2.38228 3	Intervalo	3.53483 7	Intervalo	2.27	Intervalo	3.83884 9
Mínimo	5.69143 6	Mínimo	4.69207 6	Mínimo	0	Mínimo	2.47712 1
Máximo	8.07371 8	Máximo	8.22691 3	Máximo	2.27	Máximo	6.31597
Soma	87.3070 8	Soma	84.9084 2	Soma	4.7	Soma	59.7429 8
Contagem	12	Contagem	12	Contagem	9	Contagem	12
Nível de confiança (95.0%)	0.40537 5	Nível de confiança (95.0%)	0.63188 5	Nível de confiança (95.0%)	0.70509 1	Nível de confiança (95.0%)	0.67111

Anexo 2: Teste de normalidade dos dados

Tabela 3: Teste de normalidade dos dados.

	Local	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ecoli_Agua	P1	.281	6	.149	.884	6	.290
	P2	.263	6	.200*	.781	6	.040
	P3	.167	6	.200*	.961	6	.824

P4	.192	6	.200*	.977	6	.934
----	------	---	-------	------	---	------

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Anexo 3: ANOVA

Tabela 4: ANOVA

Test of Homogeneity of Variances						
<i>E. coli</i> água	Levene Statistic	df1	df2	Sig		
	1.367	3	20	0.282		
	0.403	3	20	0.752		
ANOVA						
<i>E. coli</i> Água		Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig
	Between Groups	25.084	3	8.361	55.245	0.000
	Within Groups	3.027	20	0.151		
	Total	28.111	23			

Anexo 4: Padrões de potabilidade de água dos parâmetros microbiológicos

Tabela 5: Padrões de potabilidade de água dos parâmetros microbiológicos.

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a saúde pública
Coliformes totais	Ausente	NM*/100ml	Doenças gastrointestinais
Coliformes fecais	Ausente	NM*/100ml	Doenças gastrointestinais
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	1000ml	Doenças gastrointestinais

Limite máximo admissível (NMP): Número Mais Provável.

Fonte: Diploma Ministerial N°. 180/2004.

Anexo 5: Directrizes da OMS para utilização de águas residuais tratadas na agricultura

Cate- goria	Condições de Reuso	Grupo Exposto	Nematóides ^b Intestinais (nº de ovos /litro ^c)	Coliformes Fecais (nº/100ml)	Tratamento Requerido
A	Irrigação de alimentos ingeridos sem cozimento, campos de esportes, parques públicos ^d	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤1000	Lagoas de estabilização em série para alcançar a qualidade micrionológica indicada ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais, alimentos industrializados, forragem, pasto e árvores ^e	Trabalhadores	≤ 1	Sem padrão recomendado	Retenção em Lagoas de estabilização de 8 a 10 dias ou equivalente remoção de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada na categoria B e que não ocorra exposição dos trabalhadores e do público	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica	Pré tratamento requerido pela tecnologia empregada na irrigação mas nunca sem uma sedimentação primária

^a Nos casos específicos os fatores epidemiológicos, socioculturais e de desenvolvimento locais devem ser levados em consideração e as diretrizes devem ser modificadas adequadamente.

^b Espécies de *Ascaris* e *Trichuris*.

^c Durante o período de irrigação.

^d Um limite de diretriz mais rigoroso (≤200 coliformes fecais/100ml) é apropriado para gramados públicos.

^e No caso de árvores frutíferas a irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita, não dever ser aproveitado nenhum fruto que tenha caído ao solo e não deve ser utilizado aspersores aéreos para irrigar essas colheitas.

Figura 7: Directrizes da OMS para utilização de águas residuais tratadas na agricultura.

Anexo 6: Local de colheita de Amostra











